

# Ventilación en espacios docentes no universitarios

**Sesión final del Curso “Prevención y control de COVID-19 para coordinadores educativos”\*.**

**Ponente: Teresa Cuervo-Vilches.**

Dra. Arquitecta.

Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC).

[teresacuervo@ietcc.csic.es](mailto:teresacuervo@ietcc.csic.es)

\*Documento actualizado a 13 de enero de 2021





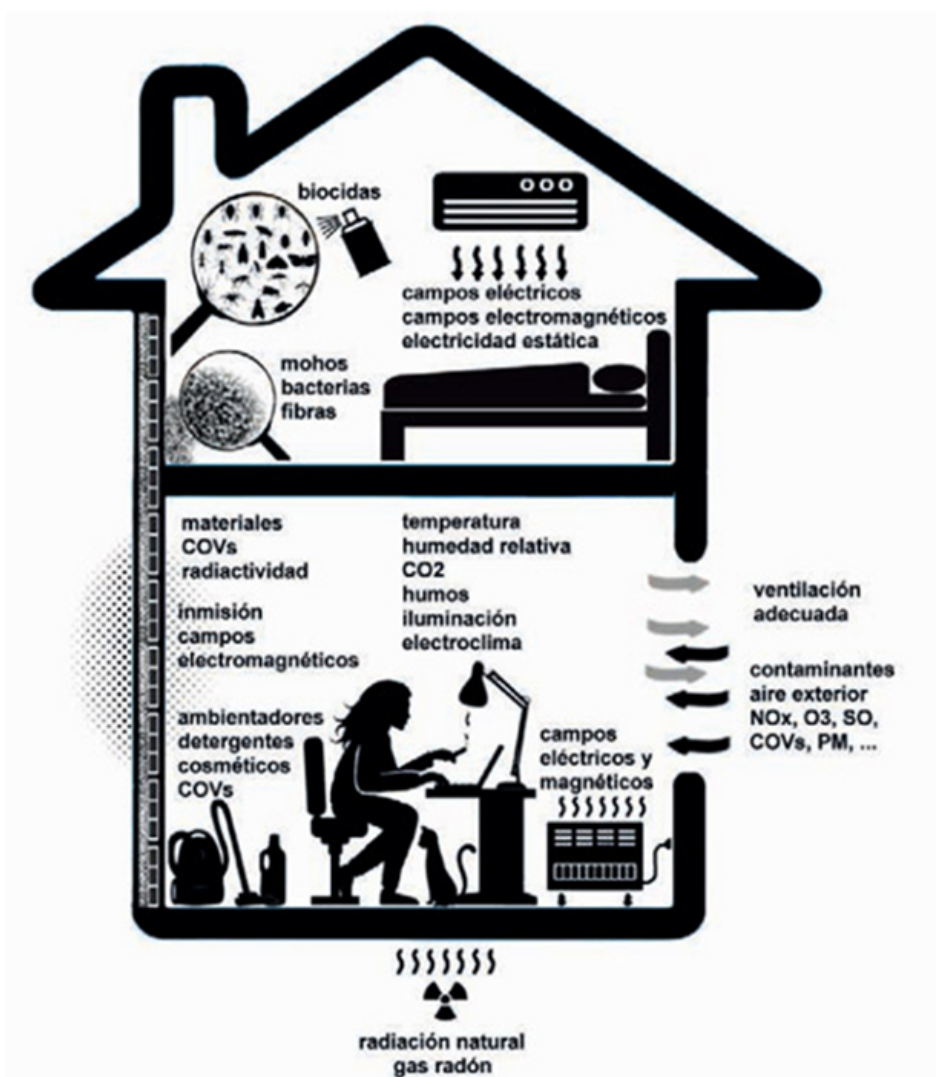
Imagen tomada del documento oficial: *Recomendaciones de Operación y Mantenimiento de los sistemas de Climatización y Ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación del SARS-CoV-2*. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, Ministerio de Sanidad, IDAE. Junio 2020.

Este documento está sujeto a una licencia Creative Commons [BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

# VENTILACIÓN.

- **Por qué es importante ventilar.**
- **Tipos de ventilación: natural, forzada o mecánica, e híbrida.**
- **Infiltración, una pequeña ayudante.**
- **La estratificación: un fenómeno de altura.**
- **Normativa: RITE (no residenciales).**
- **La ventilación en los colegios, asignatura pendiente.**
- **Ante esto, ¿Qué podemos hacer?**

# POR QUÉ ES IMPORTANTE VENTILAR.



## OJOS

Sequedad, picor/escoror, lagrimeo, enrojecimiento.

## VIAS RESPIRATORIAS ALTAS

(nariz y garganta) Sequedad, picor/escoror, congestión nasal, goteo nasal, estornudos, epistaxis, dolor de garganta.

## PULMONES

Opresión torácica, sensación de ahogo, sibilancias, tos seca, bronquitis

## PIEL

Enrojecimiento, sequedad, picor generalizado y localizado.

## GENERAL

Cefalea, debilidad, somnolencia/letargo, dificultad para concentrarse, irritabilidad, ansiedad, náuseas, mareo.

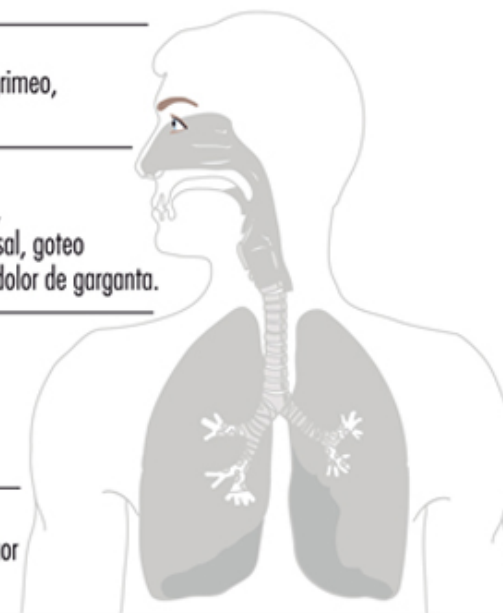
## ENFERMEDADES MAS FRECUENTES:

### HIPERSENSIBILIDAD

Neumonitis por hipersensibilidad, fiebre por humidificadores, asma, rinitis, dermatitis.

### INFECCIONES

Legionelosis (enfermedad del legionario), fiebre de Pontiac, tuberculosis, resfriado común, gripe. De origen químico o físico desconocido, incluido el cáncer.

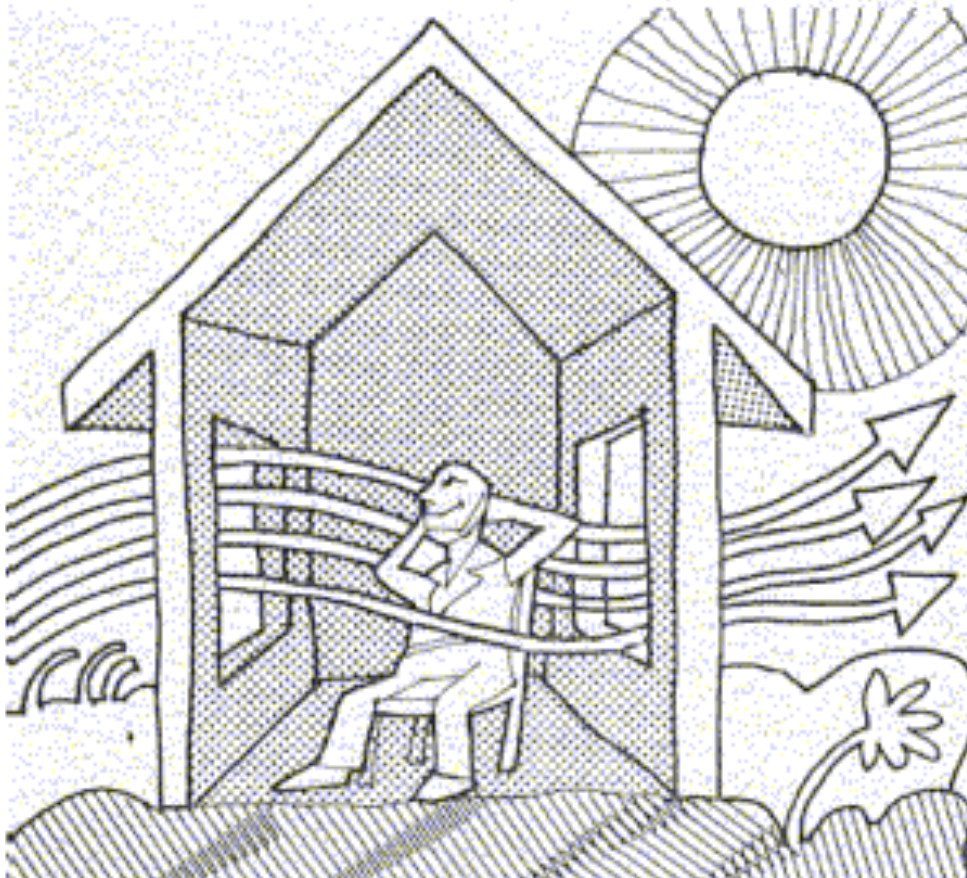


FUENTE: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001



# TIPOS DE VENTILACIÓN.

## NATURAL vs CONTROLADA (FORZADA O MECÁNICA e HÍBRIDA)



[http://www.arquinstal.com.ar/eficiencia/ure\\_esso/ure.html](http://www.arquinstal.com.ar/eficiencia/ure_esso/ure.html)

### MIXTO- agua / aire

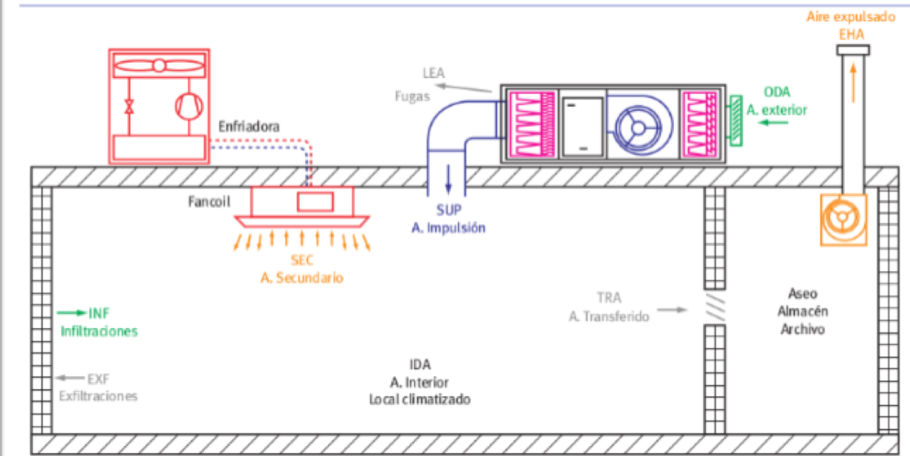


Figura 1: Tipos de aire en un sistema de climatización mixto. La denominación de los tipos de aire, acrónimos y colores son los establecidos en la norma UNE EN 13779.

### TODO AIRE (CLIMA+VENT). Retorno conducido

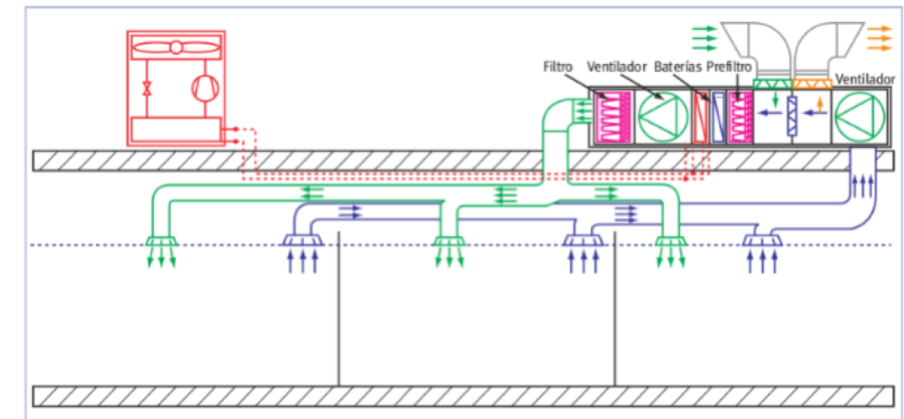
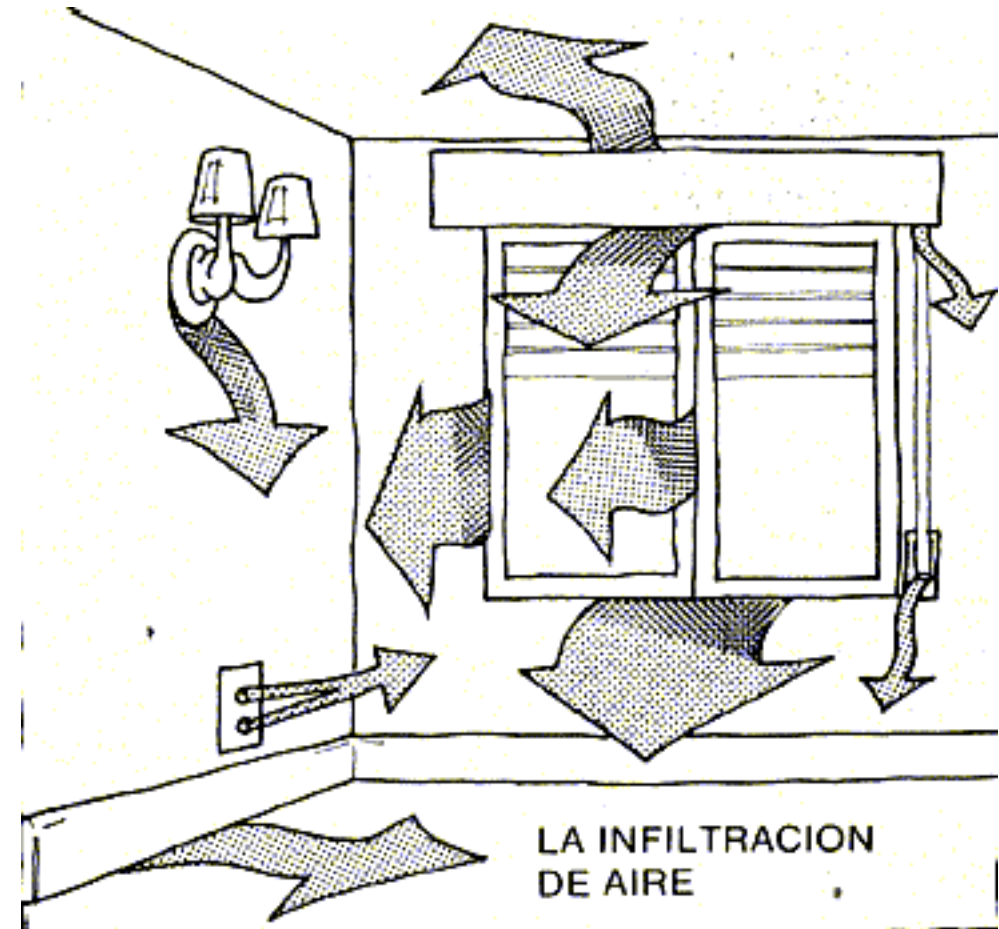


Figura 8: Sistema todo aire con unidad de tratamiento de aire. El equipo realiza la ventilación del local, la expulsión del aire y el tratamiento térmico del aire para vencer todas las cargas térmicas

Tomado de: <https://docplayer.es/84949617-Sistemas-clima-calef-y-refrig-ventilacion-ac-s-fuentes-guia-de-instalaciones-de-climatizacion-por-agua-idae-climatizacion-fumado.html>

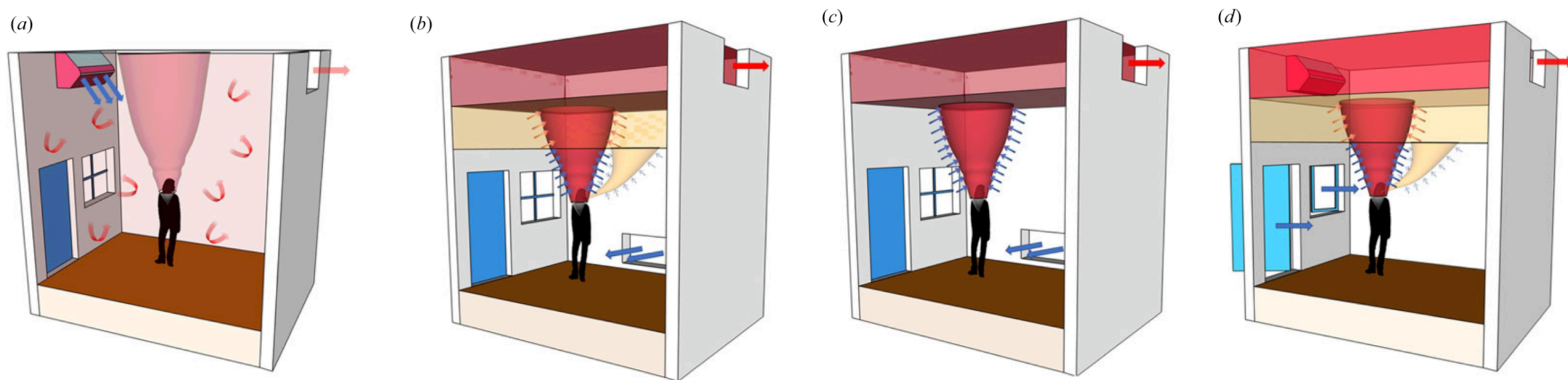
## INFILTRACIÓN, UNA PEQUEÑA AYUDANTE.

- **Infiltración:** entrada indeseada de aire,
- **Falta de hermeticidad**
- **Se da en edificios antiguos no renovados**
- **Implica mayor discomfort, pues es ineficiente**
- **pero “ayuda” con entrada de aire “extra”.**



Fuente: [http://www.arquinstal.com.ar/eficiencia/ure\\_esso/ure.html](http://www.arquinstal.com.ar/eficiencia/ure_esso/ure.html)

# LA ESTRATIFICACIÓN, UN FENÓMENO DE ALTURA.



[https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/CF272DAD7C27DC44F6A9393B0519CAE3/S002211202000720Xa.pdf/effects\\_of\\_ventilation\\_on\\_the\\_indoor\\_spread\\_of\\_covid19.pdf](https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/CF272DAD7C27DC44F6A9393B0519CAE3/S002211202000720Xa.pdf/effects_of_ventilation_on_the_indoor_spread_of_covid19.pdf)

FIGURE 1. Schematic illustrating ventilation flows with the various flow elements such as the body plume, inlet flows, stratification and arrows indicating entrainment and mixing. (a) Mixing ventilation, the hot air rises to the ceiling and, except near the inlets and vents, the indoor conditions remain approximately uniform. (b) Displacement ventilation when the occupant does not wear a mask. The secondary breathing plume stratifies below the hot upper layer, and the fluid in the secondary layer gets entrained into the body plume and exhausted out of the indoor space. (c) Displacement ventilation when the occupant wears a mask. In this scenario, near its origin, the breathing plume gets caught into the body plume and exhausted out from the upper layer. (d) When we turn off the mechanical ventilation input and instead open the doors and windows of space with a top-level opening, ignoring the effect of the wind, it effectively creates a displacement ventilation scenario (here shown when no mask is worn).

## NORMATIVA: EL RITE (EDIFICIOS NO RESIDENCIALES).

### Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE).

#### Caudales de aire exterior por persona exigidos para centros docentes:

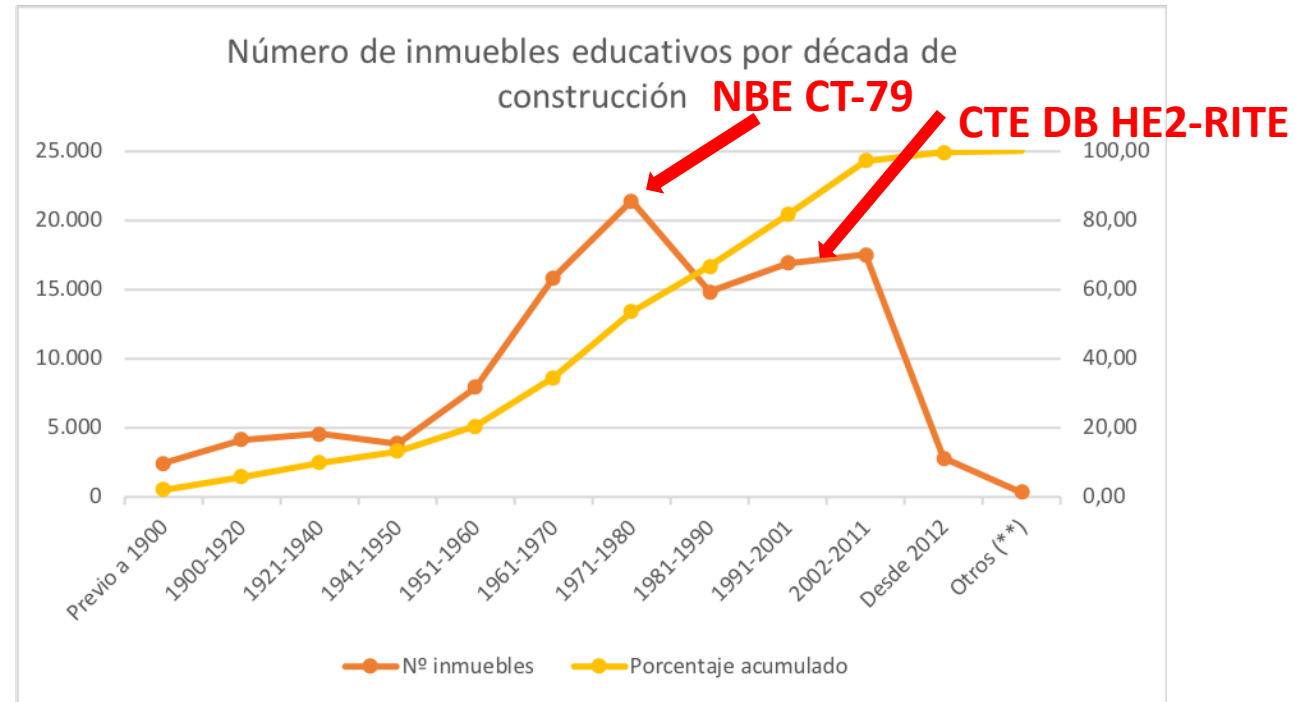
Categoría	l/s por persona	
IDA 1	20	→ Escuelas infantiles
IDA 2	12,5	→ Resto aulas
IDA 3	8	
IDA 4	5	

IDA 1	<b>Aire de óptima calidad:</b> hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
IDA 2	<b>Aire de buena calidad:</b> oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3	<b>Aire de calidad media:</b> edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
IDA 4	<b>Aire de calidad baja:</b> no se debe aplicar.

#### Clasificación de la calidad del aire según uso:



# LA VENTILACIÓN EN LOS COLEGIOS, ASIGNATURA PENDIENTE.



Fuente: elaboración propia a partir del documento ERESEE, 2020.



**ANTE ESTO, ¿QUÉ PODEMOS HACER?**

# **Decálogo:**

- 1. Clases al aire libre.**
- 2. Ventilación Cruzada.**
- 3. Atención a los baños.**
- 4. Ventilar (también) entre clases.**
- 5. Medidores de CO<sub>2</sub>.**
- 6. Filtros HEPA/purificadores.**
- 7. Germicidas: Ozono (O<sub>3</sub>).**
- 8. Germicidas: UV<sub>C</sub> y UV<sub>GC</sub>.**
- 9. Priorizar salud frente al confort.**
- 10. Ante la duda, aplicar el Principio de Precaución.**



[Foto de Escuela creado por freepik - www.freepik.es](https://www.freepik.es/fotos/escuela)

# 1. CLASES AL AIRE LIBRE.

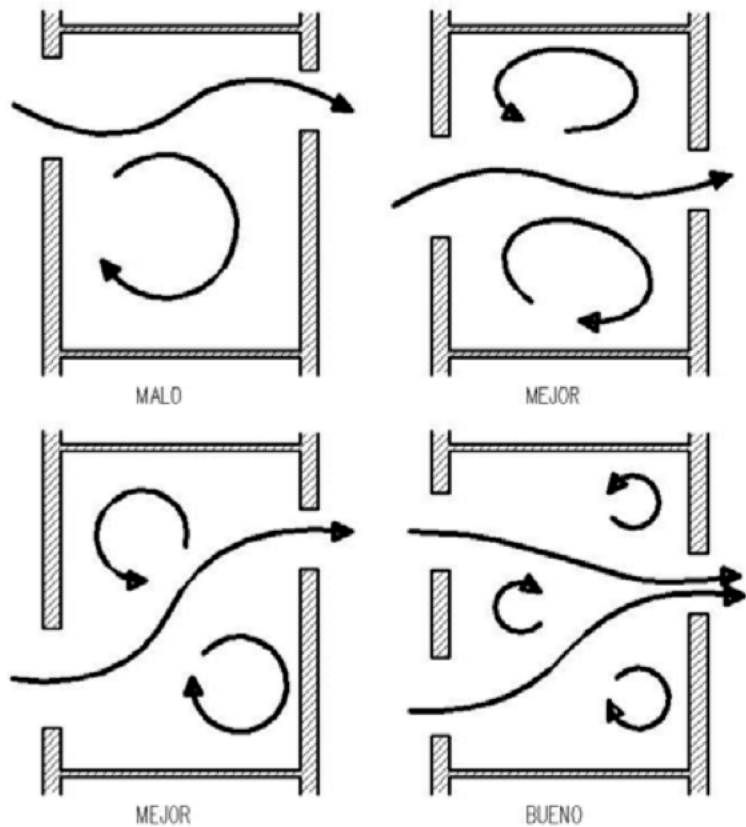
Utilizar, en lo posible:

- Patios abiertos,
- Espacios cubiertos pero no cerrados,
- Galerías porticadas,
- Carpas,
- Etc.

**NOTA:** ante temperaturas extremas, evitar padecer Estrés Térmico (consultar documentos NTP 350 y NTP 462, del INSST, y otros de aplicación).



## 2. VENTILACIÓN CRUZADA.



<http://www.aq.upm.es/Departamentos/Fisica/UD-instalaciones/Doc02.pdf>



<https://www.20minutos.es/noticia/3795675/0/escuelas-del-futuro-luz-natural-inteligencia-artificial-menos-ruido/>



# 3. ATENCIÓN A LOS BAÑOS.

**Problema: corrientes incontroladas que salen del baño y la transmisión fecal-oral (cisterna).**

- Si hay ventana: cerramos puerta a pasillo
- Si hay extracción: Podría ayudar abierto.
- Ideal, colocar extractores.
- Cerrar (especialmente) cuando haya personas en el pasillo.



<https://ovacen.com/como-disenar-una-escuela/>



# 4. VENTILAR (TAMBIÉN) ENTRE CLASES.

- 10 minutos entre clases mínimo, especialmente en aulas que cambian de alumnado (pérdida de confort), además de ventilar durante las clases (constante).
- Mejor si ventilación cruzada.
- Puertas abiertas (menor exposición).
- Intentar evitar pasillos de espera.



Paco Santamaría.

[https://www.cope.es/actualidad/espana/noticias/comunidad-madrid-anuncia-hoy-como-ser-vuelta-las-clases-region-todo-que-debes-saber-20200825\\_866537](https://www.cope.es/actualidad/espana/noticias/comunidad-madrid-anuncia-hoy-como-ser-vuelta-las-clases-region-todo-que-debes-saber-20200825_866537)

# 5. MEDIDORES DE CO<sub>2</sub>.

Opción más barata y eficaz para conocer el estado de ventilación del aula (NDIR, error < 50 ppm)

Es un dispositivo que mide en tiempo real, y es muy sensible.

Coste no excesivo (Baratos, 50€-90€. Más fiables, 100-150€).

Medida NO más de 1000 ppm (OMS). Ideal, 600-800 ppm.

Exterior: unos 400-500 ppm.

Según RITE, la diferencia entre exterior- interior está tabulada.

Categoría	ppm(*)
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1.200

\* Concentración (partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior.

→ Escuelas infantiles

→ Resto aulas

500 ppm	Concentración normal en ambiente
1000 ppm	Límite recomendado por Pettenkofer
> 1000 ppm	Fatiga, pérdida de concentración
2000 ppm	Límite para espacios de docencia
5000 ppm	Límite de exposición puestos de trabajo
40,000 ppm	Concentración en aire exhalado de 20 l/h
> 50,000 ppm	Dolor cabeza, pérdida conciencia, muerte



# 6. FILTROS HEPA/PURIFICADORES.

- Filtro HEPA de verdad: H13 o superior, >99,95% retención aerosoles.
- Se coloca centrado en el aula, a la altura del alumnado.
- Dimensionarlo para nuestro espacio (Guía Harvard):

$$5r/h \text{ (mínimo)} \times \text{Vol. aula (m}^3\text{)} = \text{Caudal total (m}^3\text{/h)}$$

(este método no suele responder a la casuística española, ratio aulas, etc).

- Parece más apropiado el método del RITE (normativa de referencia):

$$12,5 \text{ l/sp} \times \text{N}^\circ \text{ personas} \times 3,6 = \text{Caudal total (m}^3\text{/h)} \text{ (se puede dividir en 2)}.$$

- Purificadores más caros a mayor caudal
- Usar con medidor de CO<sub>2</sub> (apagar si ventilación OK)
- Y sin aplicar técnicas germicidas (tipo OZONO, UVc...)
- Limpieza y mantenimiento con precaución (al aire libre, mascarilla...)
- OJO: no disminuye el valor del CO<sub>2</sub> (pues no lo atrapa).

GRUPO	EFICIENCIA MEDIA	EN 779	EUROVENT 4/5	ASHRAE 52.2	ABNT NBR 6401
ALTA EFICACIA	40% < E < 60%	F5	EU5	MERV 9 MERV 10	F1 (40 - 69%)
	60% < E < 80%	F6	EU6	MERV 11 MERV 12	F2 (70 - 89%)
	80% < E < 90%	F7	EU7	MERV 13	
	90% < E < 95%	F8	EU8	MERV 14	F3 (>90%)
	95% < E	F9	EU9	MERV 15 MERV 16	

GRUPO	EFICIENCIA MPPS*	EN 1822	EUROVENT 4/4	ASHRAE 52.2	MIL STD. 292
FILTROS HEPA 0,3 micras	>85%	H10 (Q)	EU10		-
	>95%	H11 (R)	EU11	-	> 95%
	>99,5%	H12	EU12	MERV 17	> 99,97%
	>99,95%	H13 (S)	EU13	MERV 18	> 99,99%
	>99,995%	H14	EU14	MERV 19	>99,999%
FILTROS ULPA 0,12 micras	>99,9995%	U15	EU15		
	>99,99995%	U16	EU16	MERV 20	
	>99,999995%	U17	EU17		

# **7. ● GERMICIDAS: OZONO (O<sub>3</sub>).**

- **Es cierto que tiene acción germicida,**
- **Es muy nocivo para la salud en determinadas concentraciones,**
- **Debe ser manipulado y gestionado por profesionales cualificados y acreditados,**
- **No se aconseja en presencia de personas, (podrían hacerse limpiezas los fines, p. ej)**
- **No está del todo claro que acabe con el SARS-CoV-2 al completo,**
- **No se aconseja utilizar este tipo de tecnologías en equipos portátiles como purificadores (filtros HEPA), pues encarece el aparato y no es realmente necesario, además de resultar tóxico (o por el contrario, podría tratarse de una argucia de Márketing).**

## **8. GERMICIDAS: $UV_C$ Y $UV_{GC}$ .**

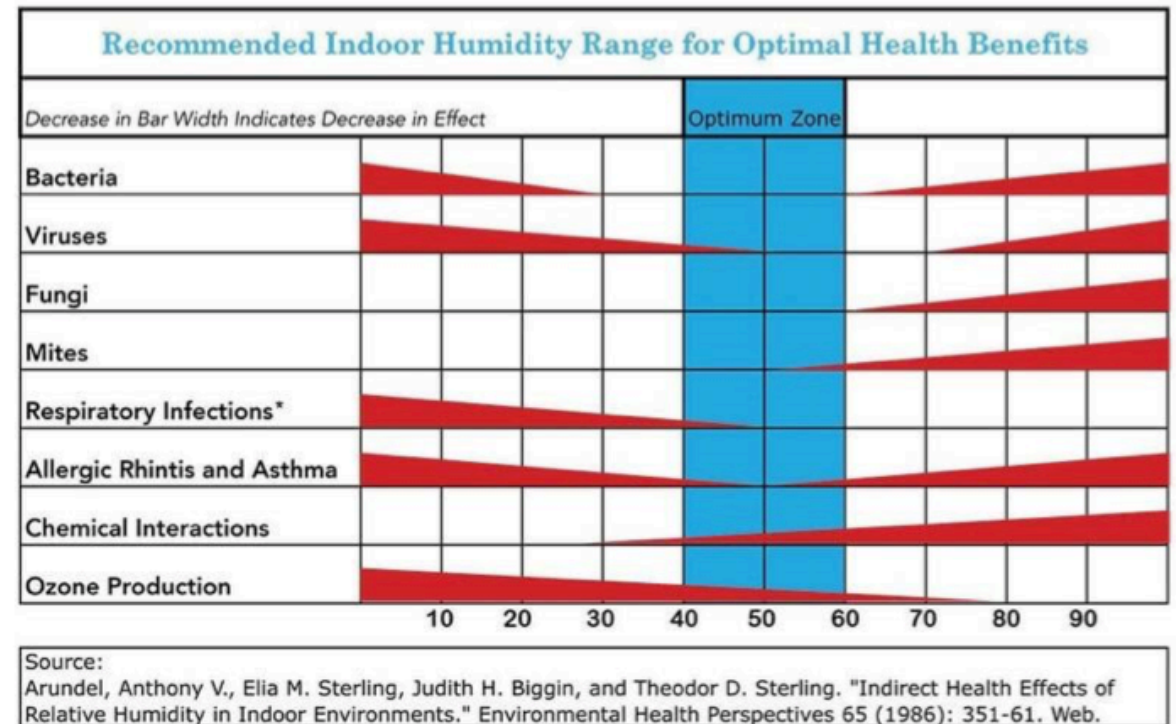
- **Matan/ neutralizan agentes patógenos**
- **Su uso está demostrado para SARS.**
- **Debe manipularlo y controlarlo profesional cualificado y acreditado,**
- **La frecuencia de UV capaz de matar, es nociva para el ser humano, por tanto no usar en su presencia, además de que genera normalmente subproductos nocivos, como Ozono,**
- **Solo se puede usar en el interior de sistemas de Aire Acondicionado, o aplicaciones muy controladas y supervisadas por estos profesionales**
- **En ningún caso aceptar purificadores o equipos portátiles con estas tecnologías, por las mismas razones, no es necesario, encarece el producto, y puede ser tóxico.**



# 9. PRIORIZAR SALUD A CONFORT.

Tratar de mantener las condiciones de confort (21-25°C y 40-60% HR), pero sabiendo que:

- Ventanas abiertas (mejor constantes un poco, que totalmente solo a ratos. Usar medidores CO2 para conocer el aula).
- Radiadores al máximo.
- Puertas abiertas cuando se pueda.
- Tener en cuenta la :



**“EXCEPCIONALIDAD Y TEMPORALIDAD”. Ojo: riesgos de exposición a temperaturas extremas.**

# 10. ANTE LA DUDA, PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN.



<https://es.vecteezy.com/arte-vectorial/940991-coronavirus-covid-19-warning-sign>

# **Decálogo:**

- 1.** Clases al aire libre.
- 2.** Ventilación Cruzada.
- 3.** Atención a los baños.
- 4.** Ventilar (también) entre clases.
- 5.** Medidores de CO<sub>2</sub>.
- 6.** Filtros HEPA/purificadores.
- 7.** Germicidas: Ozono (O<sub>3</sub>).
- 8.** Germicidas: UV<sub>C</sub> y UV<sub>GC</sub>.
- 9.** Priorizar salud frente al confort.
- 10.** Ante la duda, aplicar el Principio de Precaución.

## Algunas referencias:

- <https://theconversation.com/covid-19-la-ventilacion-en-centros-educativos-una-asignatura-pendiente-145417> (ver referencias incrustadas)
- <https://theconversation.com/el-aire-acondicionado-un-aliado-frente-a-la-covid-19-en-interiores-140654> (ver referencias incrustadas)
- [https://csic-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=TN\\_cdi\\_pubmedcentral\\_primary\\_oai\\_pubmedcentral\\_nih\\_gov\\_6605073&context=PC&vid=34CSIC\\_VU1&lang=es\\_ES&search\\_scope=ALL\\_RESOURCES\\_scope&adaptor=primo\\_central\\_multiple\\_fe&tab=default\\_tab&query=any,contains,ASHRAE&mode=basic](https://csic-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_pubmedcentral_primary_oai_pubmedcentral_nih_gov_6605073&context=PC&vid=34CSIC_VU1&lang=es_ES&search_scope=ALL_RESOURCES_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,ASHRAE&mode=basic)
- [https://csic-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=34CSIC\\_VU1&search\\_scope=ALL\\_RESOURCES\\_scope&mode=basic&tab=default\\_tab&displayMode=full&bulkSize=20&highlight=true&dum=true&query=any,contains,ASHRAE&displayField=all&pcAvailabilityMode=true&x=0&y=0](https://csic-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=34CSIC_VU1&search_scope=ALL_RESOURCES_scope&mode=basic&tab=default_tab&displayMode=full&bulkSize=20&highlight=true&dum=true&query=any,contains,ASHRAE&displayField=all&pcAvailabilityMode=true&x=0&y=0)
- <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/iaq.pdf>
- [http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-disposition&blobheadername2=cadena&blobheadervalue1=filename%3DPDF\\_baja\\_aire\\_impresion\\_Dir\\_Gral\\_1\\_julio\\_2011.pdf&blobheadervalue2=language%3Des%26site%3DPortalSalud&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1310681703755&ssbinary=true](http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-disposition&blobheadername2=cadena&blobheadervalue1=filename%3DPDF_baja_aire_impresion_Dir_Gral_1_julio_2011.pdf&blobheadervalue2=language%3Des%26site%3DPortalSalud&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1310681703755&ssbinary=true)
- <https://core.ac.uk/download/pdf/48392421.pdf>
- <http://www.aq.upm.es/Departamentos/Fisica/UD-instalaciones/Paginas%2010-11.pdf>
- [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf)
- <https://www.mdpi.com/2075-5309/9/9/197/htm#B29-buildings-09-00197>
- <https://www.rehva.eu/eu-projects/project/healthvent>
- <https://www.bbc.com/mundo/noticias-53754274>

# Gracias por su atención.

**Ponente: Teresa Cuervo-Vilches.**

Dra. Arquitecta.

Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC).

[teresacuervo@ietcc.csic.es](mailto:teresacuervo@ietcc.csic.es)

